Prevenção da Doença dos Legionários

Direção-Geral da Saúde
www.dgs.pt
Ministério da Saúde
113 anos 1899-2013

Direção-Geral da Saúde
Março - 2013

PREVENÇÃO DA DOENÇA DOS LEGIONÁRIOS

Sistemas de Tratamento
- vantagens e desvantagens -

Paulo Diegues
Vítor Martins

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

A *Legionella* é considerada uma bactéria ambiental que tem como habitat natural águas superficiais como lagos, rios, nascentes, zonas de água estagnada e águas subterrâneas.
Este bacilo Gram negativo está normalmente presente nestes em concentrações baixas, não excedendo na maior parte dos casos as 10 células por litro.

A partir destes ambientes naturais pode colonizar os sistemas artificiais de abastecimento de água a grandes cidades, incorporando-se nas redes prediais de água quente e fria, nos sistemas de arejamento, ventilação, aquecimento e climatização (AVAC) dos grandes edifícios, tais como empreendimentos turísticos, escritórios, centros comerciais e hospitais, sempre que encontre as condições favoráveis à sua multiplicação.
Entre as condições que favorecem a multiplicação da *Legionella* conta-se a presença de nutrientes, a formação de biofilmes, a ocorrência de pontos mortos ou de estagnação de água na rede, temperaturas entre 25 e 50ºC e a existência de produtos resultantes da corrosão.

1.2 Legionelose

A legionelose é uma infeção bacteriana aguda cujo agente etiológico é a bactéria *Legionella*, a qual pode originar duas entidades clinicas e epidemiologicamente distintas: a doença dos Legionários, também denominada pneumonia dos Legionários ou "legionelose pneumónica" (CID-10: A48.1) e a Febre de Pontiac ou "legionelose não pneumónica" (CID-10: 48.2)

A Doença dos Legionários é potencialmente epidémica, com uma taxa de letalidade elevada (5 a 30% dos casos) e pode apresentar sintomas semelhantes a outras formas de pneumonia, sendo por isso de difícil diagnóstico. Os sintomas começam normalmente 2 a 14 dias após a exposição à bactéria e podem incluir febre alta (superior a 39ºC) arrepios e tosse seca, pneumonia focal e sintomas gastrointestinais.

A Febre de Pontiac é uma doença benigna provocada pela mesma bactéria e que afeta 90 a 95% das pessoas expostas indiscriminadamente (período de incubação 2 a 6 dias). Tem como sintomas mal-estar, fadiga, mialgias, febre e cefaleias. A recuperação ocorre em 2 a 5 dias sem qualquer tratamento.

Conhecem-se até à data 51 espécies de *Legionella* e cerca de 64 serogrupos foram já identificados, associando-se, pelo menos 20 deles, a estágios patológicos em humanos.

Destas espécies e serogrupos a *Legionella pneumophila* serogrupo 1 é a responsável pela maior parte dos casos (cerca de 80%) detetados.

Uma das características importantes desta bactéria é a sua capacidade de crescer e de se multiplicar em ambiente intracelular, aproveitando o metabolismo do hospedeiro, tanto em protozoários como em macrófagos humanos (glóbulos brancos), constituindo os primeiros o reservatório natural deste organismo no ambiente.

Em ambientes aquáticos naturais e artificiais como instalações de edifícios, a presença de protozoários e de algas desempenha um papel importante suportando o seu mecanismo de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis.

Figura 1. Desenvolvimento da *Legionella* em ambientes artificiais e modo de transmissão

A infeção transmite-se por via aérea (respiratória), através da inalação de gotículas de água (aerossóis) contaminadas com bactérias. Não se transmite de pessoa a pessoa, nem pela ingestão de água contaminada. Existem contudo alguns casos associados à aspiração seguida de ingestão de água contaminada.

Devido ao seu período de incubação, pode, pois, acontecer que a doença só se manifeste depois do viajante ter regressado a casa. Há que realçar o facto de um caso só poder ser considerado associado a viagens quando o doente passou pelo menos uma noite fora de casa nos dez dias anteriores ao início da doença. Porém, nestas situações, o empreendimento turístico onde o doente pernoitou não pode ser implicado, com toda a

certeza, como fonte de infeção. Considera-se como um elemento a ter em atenção na investigação epidemiológica e não um dado adquirido como prova inquestionável.

A doença afeta preferencialmente pessoas adultas com mais de 50 anos de idade (duas a três vezes mais homens do que mulheres), sendo raríssima em indivíduos abaixo dos vinte anos.
Ser fumador é um fator de risco, já que esta doença atinge especialmente fumadores. São igualmente fatores de risco, doenças crónicas debilitantes (alcoolismo, diabetes, cancro, insuficiência renal) ou ainda doentes imunocomprometidos, que tomem medicação com corticoides ou estejam a ser sujeitos a quimioterapia. Não existe vacina contra a doença dos legionários.

A doença dos legionários é, assim, uma pneumonia bacteriana grave que implica a adoção de medidas especiais de alerta e de intervenção sempre que ocorra em grandes edifícios.

É importante no entanto distinguir a situação de colonização dos sistemas de água por bactérias do género *Legionella*, da ocorrência de um caso de doença dos legionários.

2 OS VÁRIOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA, SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS COMPARATIVAS.

Existem vários processos para eliminar a bactéria *Legionella,* por via da desinfeção, nas redes prediais, distinguindo-se duas vias:

- Por operações físicas – temperatura da água, produção de vapor e ultravioleta;
- Por via química – uso de cloro e seus derivados, uso de outros agentes como o bromo (Br), ionização do cobre (Cu^{2+}) e da prata (Ag^{+}).

2.1 DESINFEÇÃO TÉRMICA

É uma prática comum nos sistemas de distribuição de água, principalmente em hospitais e hotéis.
A temperatura da água quente é elevada a 70ºC a qual se deve verificar nos pontos mais críticos do sistema, ou seja, aqueles que estão mais distantes e que normalmente coincidem com os pontos terminais das redes, nomeadamente torneiras e chuveiros.

A temperatura efetiva para aniquilar a Legionella é 70ºC. Assim, faz-se correr a água àquela temperatura nos chuveiros e torneiras durante 30 minutos. A temperaturas inferiores o

tempo é maior. Nos pontos de utilização a temperatura deve ser comprovada e monitorizada, não devendo ser inferior a 60ºC e devendo a água circular em todo o sistema durante duas horas, mantendo o mesmo em carga.

Contudo existem outras metodologias que recomendam, por exempo o EWGLI (*European Working Group for Legionella Infections*) que se eleve a temperatura da água quente para valores de 70 a 80ºC recorrendo às caldeiras que constituem o sistema, assim como aos permutadores de calor, fazer recircular a água no sistema durante 1 a 3 horas e assegurando que à saída das torneiras, nos pontos de extremidade, se verificam os 65ºC. Neste procedimento deve alertar-se as pessoas para as elevadas temperaturas para evitar eventuais escaldões.

Posteriormente deve-se abrir sequencialmente todas as torneiras e chuveiros durante cinco minutos, após os quais se confirma a temperatura estabelecida.

Quando não for possível obter as temperaturas recomendadas, nos vários processos de desinfeção térmica, tem de se recorrer à desinfeção química. Em qualquer das situações é necessário recolher amostras de água passados alguns dias para avaliar analiticamente a eficácia das medidas executas.

Estudos apontam que a *Legionella* é erradicada a temperaturas superiores a 60ºC demorando aproximadamente 10 minutos a ser eliminada. Já a temperaturas próximas dos 60ºC demora aproximadamente 25 minutos.

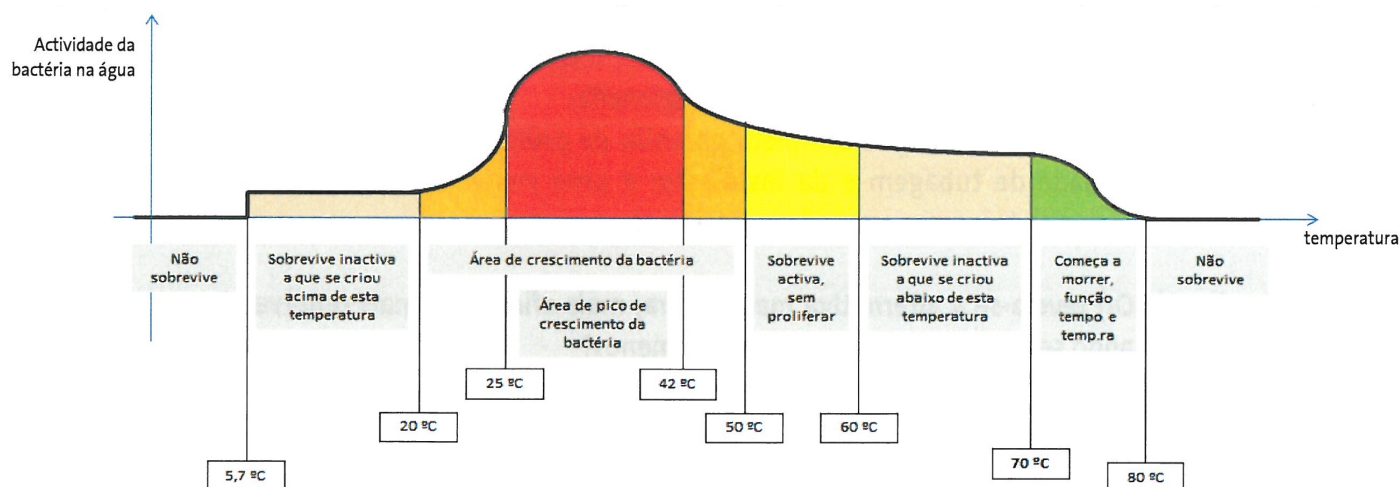



Figura 2. Atividade da *Legionella* na água.

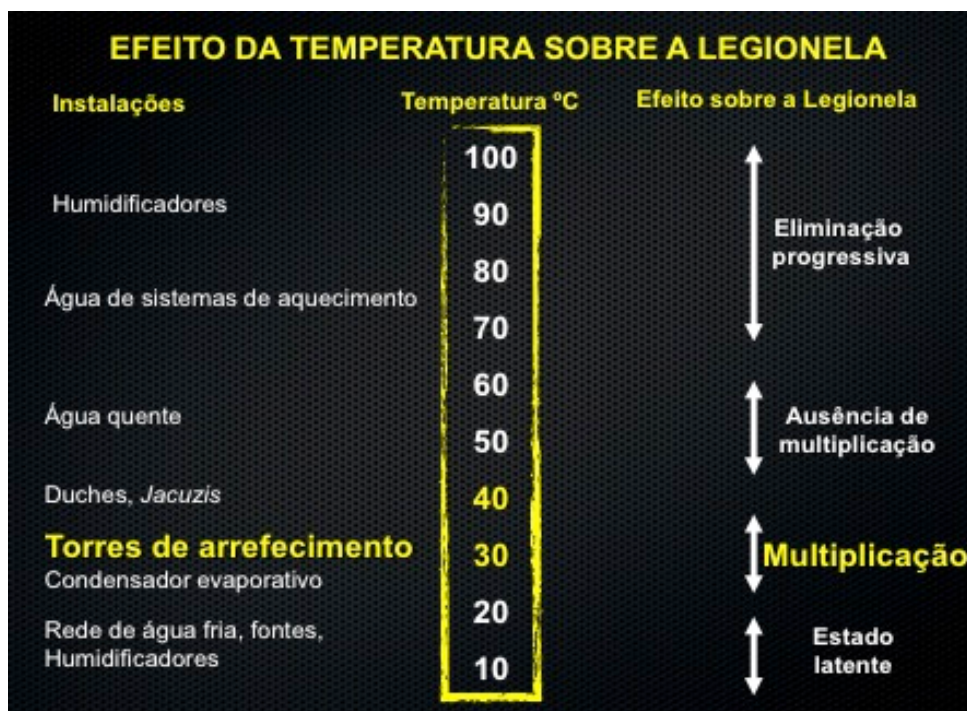



Figura 3. Efeito da temperatura sobre a *Legionella*

2.1.1 Principais Desvantagens:

- Para ser eficaz, a temperatura de 70ºC a 80ºC tem que ser mantida em todo o sistema durante alguns minutos. Contudo existem perdas térmicas ao longo do percurso da água quente, mesmo quando os sistemas estão bem isolados. Assim garantia de manter estes valores de temperaturas em todo o sistema de água quente sanitária é difícil face às perdas térmicas que normalmente ocorrem. Verifica-se que normalmente a temperatura do circuito de retorno é 10 a 15ºC inferior àquela que sai das caldeiras;
- A temperatura atua sobre as bactérias à superfície das tubagens. Contudo caso exista um biofilme que sirva de proteção às bactérias, este método não é eficaz na sua erradicação, nem remove o biofilme, podendo ocorrer condições futuras para a sua recolonização se não existirem outros tratamentos complementares;
- Nem todas as torneiras estão acessíveis;
- É necessário muito pessoal para controlo das temperaturas em todo o sistema e efetuar a sua monitorização (reservatório de água quente e controlar as purgas nas torneiras e chuveiros);
- Risco de queimaduras se não existir um controlo correto da temperatura em toda a extensão da rede durante a aplicação de um choque térmico (no caso de hotéis e hospitais);

- Riscos de se formarem incrustações e depósitos nas redes, tendo em conta a qualidade da água e dos materiais;
- As redes antigas podem não resistir a estas temperaturas ou nem sempre a produção primária de água quente alcança os valores pretendidos;
- De três em três meses deve-se repetir esta operação. Exige que seja um processo cíclico;
- Caso seja detetada a *Legionella* após o tratamento térmico, usualmente recorre-se a processos de hipercloragem (injetando de 20 a 50 ppm de cloro). No entanto estas dosagens podem afetar a estrutura da rede, caso a mesma ou os materiais que a compõem não estejam adaptados a resistir a estes químicos. A idade da rede pode também diminuir a sua resistência aos agentes químicos;
- Consumo de água e de energia.

2.2 DESINFEÇÃO TÉRMICA / PRODUÇÃO DE VAPOR

Este processo consiste na produção de vapor a 100ºC, recorrendo ao uso de caldeiras a alta pressão e posteriormente fazendo circular o vapor pela tubagem da rede predial de água quente, de modo a que a temperatura seja mantida entre os 70 a 80ºC.

Pode-se também recorrer ao processo de produção de vapor instantânea, elevando a temperatura da água quente para valores superiores aos 88ºC e posteriormente misturar água fria até obter a temperatura desejada.

Esta opção permite evitar custos excessivos, em virtude de não necessitar de pessoal especializado para a operação, podendo ser a equipa de pessoal da manutenção do edifício a executar esta tarefa.

Por outro lado a manutenção deste sistema, é usualmente mais complexa do que o recurso a tanques de água quente para a desinfeção térmica.
Este sistema de desinfeção com o recurso à produção de vapor instantâneo, funciona melhor quando na conceção da rede sanitária foi prevista a sua instalação.

2.2.1 Principais desvantagens

- A rede sanitária de água fria não pode ser desinfetada por este processo e apenas permite o controlo na rede sanitária de água quente;
- A *Legionella* pode colonizar o sistema num ponto a jusante do local de aquecimento da água e da produção instantânea de vapor;

- A fim de se obter uma desinfeção eficaz e completa, devem-se efetuar purgas nos pontos de utilização (torneiras e chuveiros) com água quente a uma temperatura próxima dos 60ºC. Contudo muitas vezes, face às perdas térmicas do sistema, nem sempre é possível de obter de uma forma contínua e para o período pretendido;
- Nem sempre as caldeiras e os permutadores de calor, como circuito primário de aquecimento, permitem que a temperatura da água atinja os 60ºC em toda a rede de água quente sanitária, durante trinta minutos.

2.3 DESINFEÇÃO POR ULTRAVIOLETA (UV)

Este tratamento da água é usado hoje em dia em algumas situações para se obter uma água de elevada qualidade bacteriológica, nomeadamente:

- No tratamento da água ultra pura (para a indústria eletrónica e de semicondutores);
- Na industria farmacêutica;
- Na industria alimentar, nomeadamente cervejeiras e bebidas macias, de modo a impedir danos provocados por bactérias;
- Água para consumo humano, quer à escala doméstica quer no abastecimento de grandes comunidades;
- Água de aquecimento, de modo a minimizar o risco de infeção por *Legionella.*

O sistema de tratamento por UV consiste na transferência de energia eletromagnética de uma lâmpada de arco mercúrio para um organismo de material genético (RNA ou DNA).

Quando a radiação UV penetra na estrutura da célula, através da membrana celular, destrói a estrutura de DNA e a capacidade reprodutora da célula, ou seja a radiação UV gerada pela descarga elétrica no vapor de mercúrio, penetra no material genético e retarda a capacidade para a célula se reproduzir.

As lâmpadas de UV estão no interior de tubos de quartzo, permitindo proteger a lâmpada e a dissipar o calor gerado, apresentando-se as seguintes figuras ilustrativas.

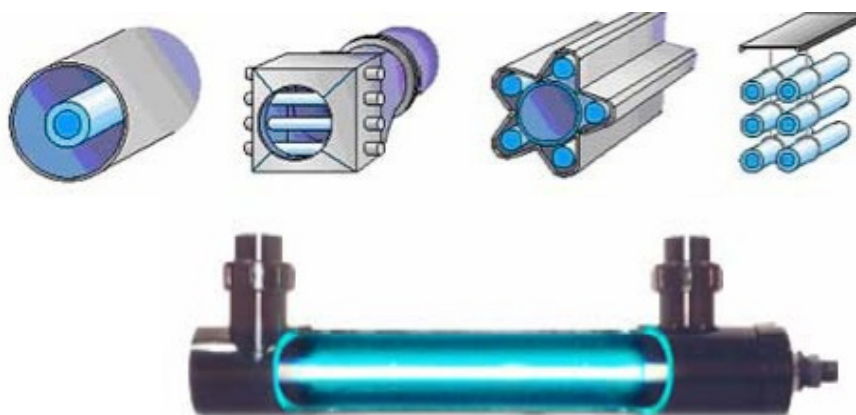



Figura 4. Exemplos de lâmpadas ultravioletas.

Quando as células estão expostas à radiação UV ocorrem os seguintes passos:

- A radiação UV penetra na parede celular da célula;
- A energia dos fotões da radiação é absorvida pelas proteínas e pelo DNA da célula;
- A luz danifica a estrutura proteica;
- O DNA sofre uma alteração química a qual impede a sua replicação levando à morte celular;
- Os organismos, incapazes de metabolizar e reproduzir-se não podem causar doenças.

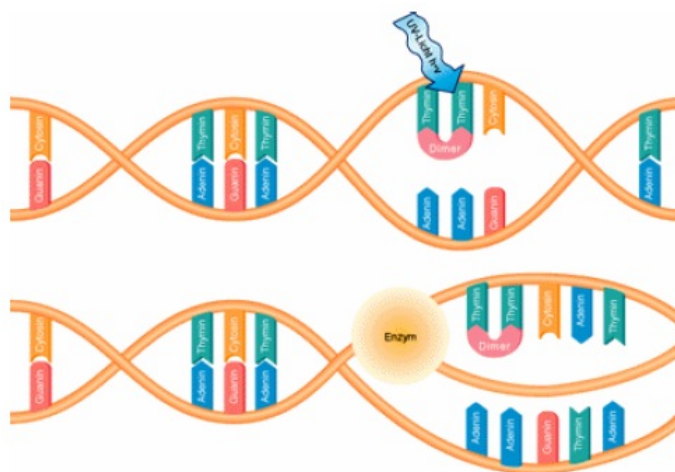



Figura 5. Ação da luz ultravioleta sobre o material genético da célula bacteriana.

A eficiência destas operações com recurso às lâmpadas de UV depende dos seguintes fatores:

- Características do ponto de vista físico/químico e bacteriológico, da água a tratar;
- Da intensidade da radiação UV;
- Do tempo de contato dos microrganismos com a radiação UV.

Usualmente a eficiência para remover a carga bacteriana da água situa-se próximo dos 99,9% e os principais parâmetros a ter em conta quando se opta por esta tecnologia são:

- O tempo de exposição que deve estar compreendido entre 1 a 2 seg.;
- Os equipamentos dimensionam-se de modo a proporcionar uma dose de UV entre os 25 a 30 mJ/cm^2, dose esta que é suficiente para eliminar 99,9% das bactérias de *Legionella.*

Apresentam-se na Tabela 1 seguinte alguns valores tipo de dose recomendadas para vários tipos de bactérias.

Tabela 1. Dose de radiação UV a 253,7nm requerida para um índice de mortalidade de 99,9%.

Bactérias	Dose (mJ/cm^2)
Esherichia coli	7,0
Salmonela enteritidis	7,6
Streptococus lactis	8,8
Pseudomonas aeruginosa	10,5
Staphylococcus aureus	7,0

A dose necessária é obtida pela seguinte equação:

$$H = E \times T$$

H= dose de radiação (mJ/cm^2)

E= intensidade ($mJ/cm^2.seg$)

T= tempo de exposição (seg)

Os principais componentes de um sistema de UV são: lâmpadas de mercúrio, um reator e um quadro de controlo.

A origem da radiação de UV é a lâmpada de arco de mercúrio de baixa, média pressão e com baixa ou alta intensidade.

A esterilização é mais eficaz para um comprimento de onda de (λ= 254 nm) e temperatura próximas de 40ºC.

Exemplo: UVA (λ = 315 a 400 nm, provoca o bronzeamento da pele); UVB (λ=280 a 315 nm, causa queimaduras solares); UVC (λ= 200 a 280 nm, é absorvido pelo DNA e causa mutações e é a gama mais efetiva para a inativação bacteriana); UVV (λ= 100 a 200 nm, é fortemente absorvido pela água e pelo ar, só pode transmitir-se pelo vazio).

O comprimento de onda que conduz a uma eliminação mais eficaz dos microrganismos, encontra-se no intervalo entre 250 a 270 nm, constatando-se que a intensidade da radiação dissipa-se à medida que a distância à lâmpada aumenta.

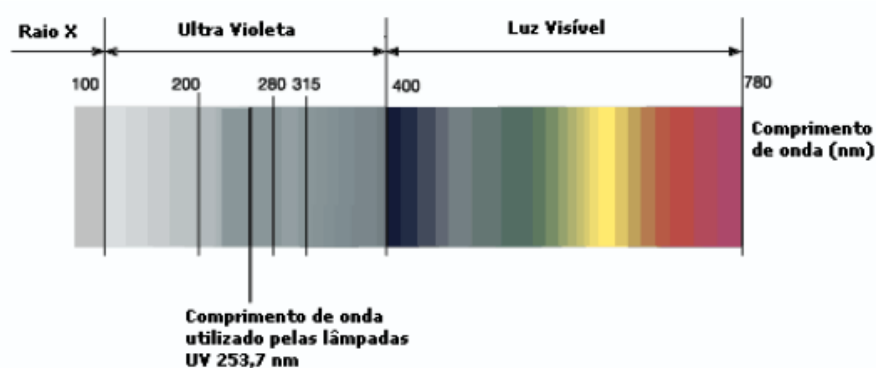



Figura 6. Espetro da radiação.

A lâmpada de média pressão tem uma capacidade germicida 15 a 20 vezes mais intensa, constatando-se que desinfeta mais rapidamente e tem uma capacidade maior para penetrar na membrana celular uma vez que a radiação é mais intensa.

A câmara de irradiação, onde se submete o fluxo de água ao efeito da radiação UV, que circula em fluxo turbulento, normalmente é constituída por aço INOX 316L (interior aço inox polido em espelho, aumenta a eficácia entre 20 a 30% aproximadamente).

Neste sistema é necessário usar um filtro a montante para remover as partículas em suspensão, que interferem com a ação do UV e a sua eficácia, impedindo a transmissão de UV e o contacto direto com os microrganismos.

O sistema de esterilização por UV requer uma manutenção em continuo de forma a evitar os fenómenos de incrustação na estrutura que afetam todo o sistema de tratamento.

Hoje em dia a tecnologia já evoluiu e tem muitas aplicações, até ao nível de tratamento de água de processo nas industrias, tendo aumentado significativamente o período de vida destas lâmpadas.

A título ilustrativo apresenta-se um esquema de tratamento com recurso a UV.

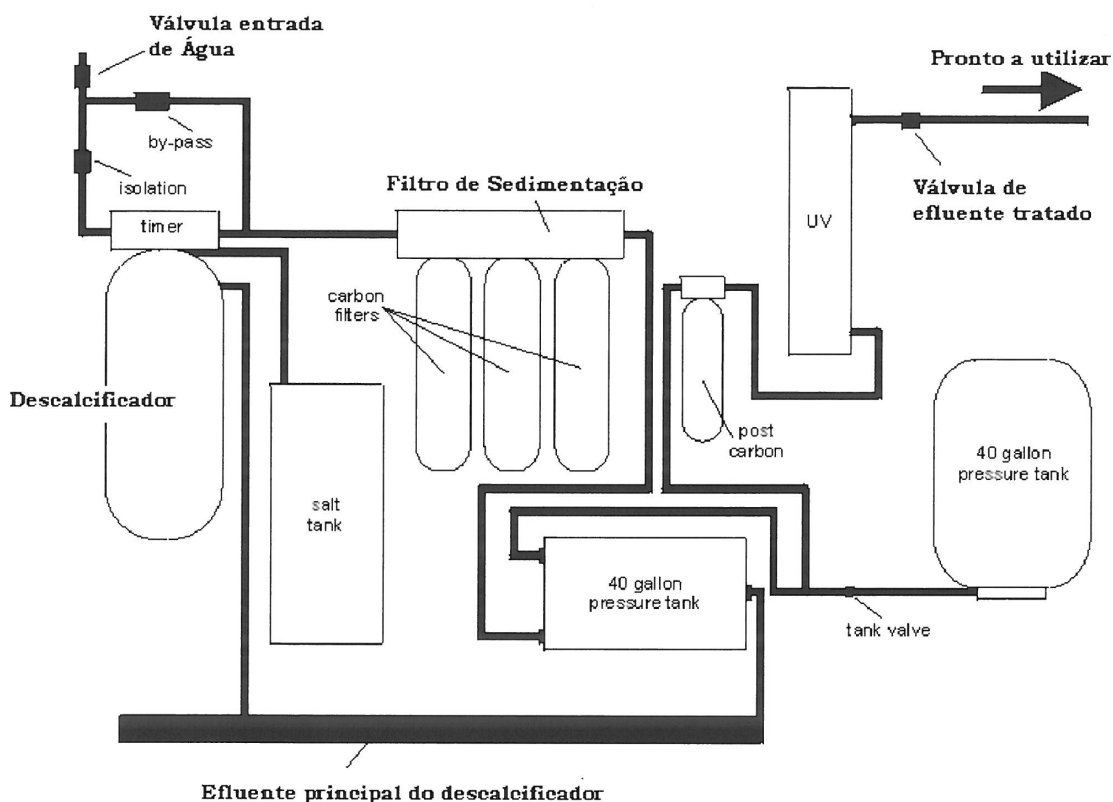



Figura 7. lustração de tratamento de água onde se inclui um sistema de UV.

2.3.1 Principais vantagens

- Elimina vírus, bactérias e algas. É efetivo no combate aos protozoários incluindo *Cryptosporidium parvum* e *Giardia*.
- Destrói as cloraminas (fotólise) e reduz os trihalometanos (THM).
- Não requer uma manutenção diária.
- Mínimo espaço requerido.
- Não confere nem sabor nem odor à água e não varia com o pH.
- Oxidação avançada, produção de radicais hidroxilo (OH).

2.3.2 Principais desvantagens

- Não deixa um residual de biocida na água.
- É ineficaz na remoção do biofilme o qual potencia a formação da *Legionella.*
- Em redes grandes é sempre necessário uma segunda desinfeção com um biocida que deixe um residual na água, permitindo apenas uma diminuição da sua dose.
- Interage com os produtos halogenados.
- Destrói o cloro.
- A sua eficácia diminui drasticamente se a água apresentar turvação.
- Quando a concentração de *Legionella* é muito elevada normalmente opta-se por uma tratamento de choque químico recorrendo ao cloro ou dióxido de cloro.
- Os custos envolvidos com esta tecnologia devem ser equacionados face às outras alternativas de tratamento.

2.4 DESINFEÇÃO QUÍMICA/ RECURSO AO CLORO - HIPERCLORAÇÃO

Quando existem casos associados de Doença dos Legionários envolvendo sistemas prediais de água, ou os valores detetados são superiores a 1000 ufc/L de *Legionella pneumophila*, é muitas vezes necessário recorrer a tratamentos de choque por via química, usando cloro ou seus derivados. Deve-se sempre avaliar a resistência dos materiais que compõem a rede aos químicos adicionados.

A hipercloração é um método que recorre ao uso de cloro como biocida. Este método precisa de um recipiente para a solução de biocida e respetiva bacia de emergência, de uma bomba doseadora automática e de uma sonda para monitorizar o valor do cloro residual livre.

A sonda dá instruções à bomba doseadora para injetar mais ou menos biocida ou através de uma bomba doseadora de velocidade variável ou por uma maior ou menor abertura da válvula de injeção do biocida na rede predial.

Este método obriga a obter valores de cloro residual livre de 20 a 50 mg/l, existindo várias metodologias, envolvendo sempre uma limpeza prévia ao sistema recorrendo a uma dosagem inferior que pode variar entre valores de cloro residual livres entre 5 e 15 mg/l, fazendo circular a água clorado e o biodispersante no sistema entre 5h a 24 horas.

Posteriormente faz-se uma cloragem da água com valores de cloro residual livre compreendido entre 20 a 50 mg/l, durante um tempo de contato de 2h a 1h, casos há que se pode optar por valores entre os 20mg/l e os 30 mg/l, durante 3 a 2h.

Deve-se monitorizar regularmente para verificar estes valores e de preferência o valor de pH da água deve ser inferior a 8 e a temperatura inferior a 30ºC, se não a eficácia diminui, sendo necessário alterar as dosagens.

O nível de cloro residual varia tendo em conta a qualidade da água, o seu pH, o caudal envolvido, a quantidade de biofilme existente no sistema (rede e os respetivos reservatórios) salientando-se que os produtos utilizados devem ser compatíveis com o uso da água para consumo humano.

Após a hipercloração, os valores de cloro residual livre na rede devem estar compreendidos entre os 0,5 mg/L a 1 mg/L e após duas horas do processo.

Pode-se recorrer ao uso de sais clorados (hipoclorito de cálcio $(Ca(OCl)_2$ - estado sólido e hipoclorito de sódio NaOCl - estado aquoso), obtendo-se valores de cloro residual livre de 2 a 6 mg/l. Para o caso da *Legionella* usualmente opta-se por valores de 1mg/L de cloro residual livres.

Existem documentos científicos que sugerem níveis de cloro residual livre entre 1 a 2 mg/l, contudo artigos mais recentes demonstram que o recurso a valores de cloro residual livre entre 3 a 5 mg/l é mais efetivo. Contudo a agressividade para os materiais da rede aumenta e deve-se ter sempre este aspeto em consideração, quando se recorre a este método de tratamento.

2.4.1 Principais desvantagens

- Custos significativos.
- Potencia os fenómenos de corrosão nas redes prediais, sendo necessário adicionar produtos químicos anticorrosivos e materiais silicatados.
- Qualquer falha no sistema de doseamento se não for detetada pode permitir a recolonização da *Legionella.*
- Pode levar à formação elevada de Trihalometanos (THM) no sistema de água quente, quando o teor de cloro residual livre excede os 4 mg/L. Estes produtos são potencialmente cancerígenos.
- O cloro não penetra no biofilme sendo necessário recorrer à adição de biodispersantes.
- A *Legionella* é mais resistente ao cloro de que outras bactéria como a *E. coli*. Os dados demonstram que no caso da *Legionella* é necessário uma atividade 40x superior para a aniquilar do que a *E. coli.*

- Pode-se também optar à hipercloração juntamente com a aplicação de choques térmicos de modo às bactérias não se adaptarem.
- Usualmente valores de cloro residual livre de 2mg/L permitem manter concentrações de *Legionella* inferiores a 100 ufc /100 ml, quando na presença de biofilmes.

Os biofilmes que se formam nas tubagens das redes prediais envolvem a presença de bactérias, algas, fungos e protozoários que estão ligados a um substrato, integrando uma massa de polímeros extracelulares produzidos pelos organismos.

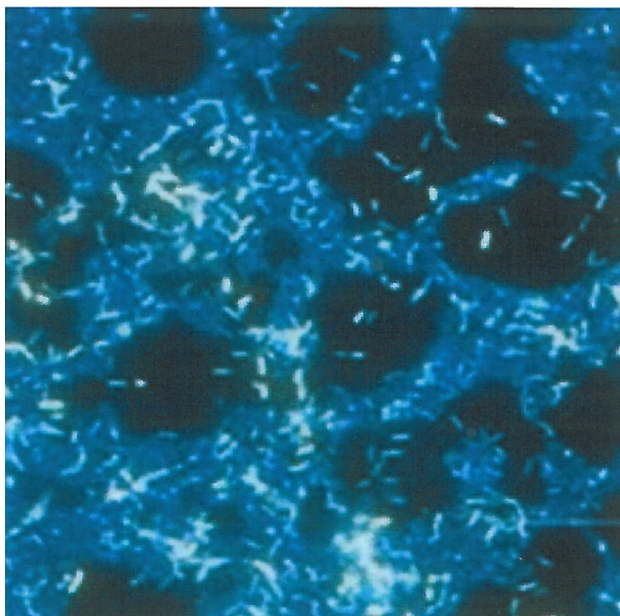



Figura 8. Imagem de um biofilme com *Legionella*

Grande parte dos biocidas não têm a capacidade para penetrar no biofilme, sendo muitas vezes necessário recorrer ao uso de biodispersantes que permitem que o biocida penetre no biofilme, facilitando atuar em toda a sua extensão.

2.5 Desinfeção química/ recurso ao dióxido de cloro (ClO_2)

O dióxido de cloro é uma alternativa usual à desinfeção por cloro, quer no tratamento de água para consumo humano, quer no tratamento da água para processos industriais, tendo em conta que além do poder de desinfeção elevado não potencia os fenómenos de corrosão dos materiais das redes.

É um gás de cor alaranjada e solúvel na água que não pode ser armazenado e deve ser produzido no local de utilização, recorrendo-se ao uso de duas soluções diluídas uma de ácido hipoclórico e outra de cloreto de sódio.

2.5.1 Principais vantagens

- O ClO_2 é um biocida mais efetivo que a solução aquosa de hipoclorito de sódio e seus derivados, apresentando uma ação mais forte no combate à carga bacteriana da água, recorrendo a menores quantidades em termos de dosagens e necessita de menos tempo de contato.
- Deixa um residual de desinfetante na água que perdura ao longo do tempo.
- Apresenta um efeito seletivo, não forma substâncias tóxicas como as cloraminas e os Trihalometanos (THM), estes últimos potencialmente cancerígenos.
- Não deixa nem sabor nem odor na água.
- Permite destruir aos agentes patogénicos e os biofilmes.
- Devido ao seu elevado potencial redox o dióxido de cloro, é um biocida poderoso, eliminando todo o tipo de germes, vírus, fungos e algas, não necessitando de uma dosagem elevada para se obter o valor de cloro residual livre desejado.
- Mesmo os germes que resistem ao cloro são eliminados completamente pelo dióxido de cloro.
- A maior diferença entre o dióxido de cloro e o cloro é o seu efeito gradual na eliminação do biofilme, mesmo em doses baixas.
- Concentrações de dióxido de cloro de 1 mg/L, eliminam a *Legionella* que esteja presente na água num período de contato 18 horas.
- A ação do dióxido de cloro é independentemente do pH da água, ao contrário dos outros derivados do cloro, pelo que pode ser usado mesmo em ambientes alcalinos.
- Na água de consumo humano os valores permitidos oscilam entre os 0,2 mg/L a 0,8 mg/l de cloro residual livre.
- Diminui a necessidade de efetuar choques térmicos à rede de água quente sanitária.

A título de exemplo apresenta-se o processo “Oxiperm”, do grupo Grundfos ALLDOS, sobre o dióxido de cloro no combate à Doença dos Legionários. Existem outras empresas no mercado que também recorrem ao uso do mesmo agente para a desinfeção da água.

A formação do dióxido de cloro é automática. Para tal recorre-se ao uso de dois recipientes, um com uma solução diluída de ácido hipoclórico (concentração 9% em peso) e uma solução diluída de cloreto de sódio (concentração em peso de 7,5%). A solução resultante de dióxido de cloro a 2% é adicionada ao fluxo de água através de uma bomba doseadora.

Existe uma sonda de monitorização em contínuo da dosagem efetuada que permite o reajustamento automático do sistema de desinfeção, o dióxido de cloro pode ser adicionado diretamente à tubagem mestra através de uma picagem na mesma, ou através de um

sistema de bypass, sem recorrer à abertura da conduta mestra, podendo-se dosear em mais que um ponto.

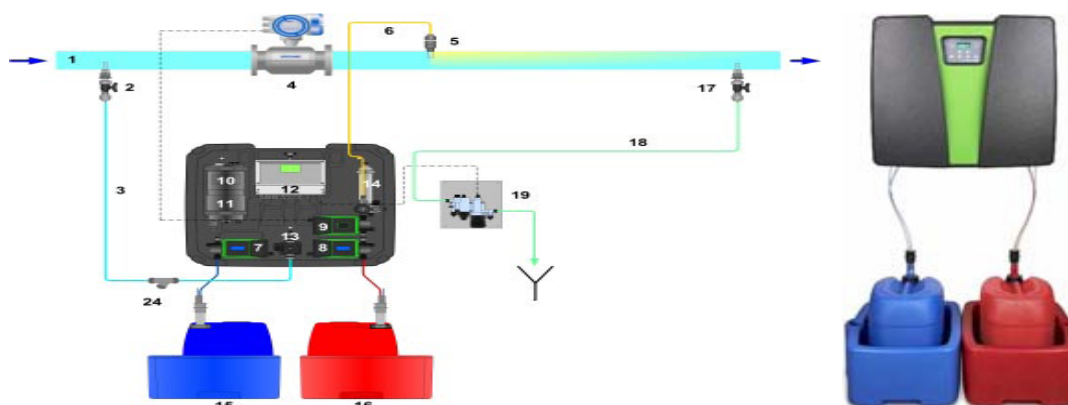



Figura 9. Processo Oxiperm

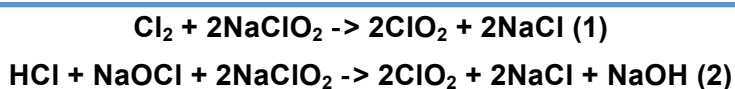
Contata-se que a ação do dióxido de cloro é mais eficaz que as outras formas de cloro, contudo é menos efetiva que a do ozono. Este apresenta a desvantagem que necessita que a água seja sujeita a um tratamento posterior com cloro para manter uma proteção sanitária adequada do sistema.

Os custos envolvidos consistem em dois depósitos de reagentes de $NaClO_2$ e HCl com um custo aproximado/ano de 75€/ano por cada $10m^3/h$ de água tratada/dia.

O equipamento recorre ao uso de dois depósitos colocados debaixo de gerador, cada tem um reagente (nomeadamente o ácido hipoclórico e clorito de sódio), alimentam duas bombas doseadoras que por sua vez alimentam a câmara de mistura (reator) que, permite juntamente com a água transformar os dois reagentes em dióxido de cloro.
O produto acabado vai alimentar uma terceira bomba doseadora que injeta o produto final na rede.

As principais reações são:

$$Cl_2 + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl \quad (1)$$

$$HCl + NaOCl + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl + NaOH \quad (2)$$

Usualmente para concentrações de *Legionella* na água próximas de 100 ufc/100 ml recorre-se à desinfeção por cloro e efetua-se a sua descontaminação.

Se a concentração for superior ao valor anterior, indica o crescimento do biofilme, neste caso a rede deve ser limpa primeiro, antes da desinfeção com dióxido de cloro.

Outros fatores, para além de se recorrer ao uso de biocidas, podem auxiliar o processo de descontaminação com sucesso, potenciando a destruição do biofilme, nomeadamente:

- Melhorar o sistema de circulação da água na rede;
- Seccionar troços da rede para intervenção (válvulas de seccionamento);
- Separar corretamente o sistema de combate a incêndios da rede de água para consumo humano.

Contudo se o sistema de doseamento falhar permite que ocorra a recolonização por *Legionella*.

2.6 DESINFEÇÃO QUÍMICA/ RECURSO A IÕES DE COBRE E PRATA

Os principais aspetos a ter em conta neste processo estão relacionados com o sua dosagem e monitorização e as principais ações a realizar no livro de registo são:

- Determinar a taxa de libertação dos iões para os sistemas da rede predial;
- Verificar a concentração da prata do ponto de vista analítico em algumas torneiras sentinelas, pelo menos trimestralmente;
- A determinação dos iões de prata deve ser feita em torneiras representativas de todo o sistema, numa base rotativa;
- Deve-se observar constantemente a limpeza dos electrodos, com uma frequência mínima mensal. Sempre que se verificarem incrustações nos electrodos ou outras impurezas deve-se proceder à sua limpeza de imediato;
- Deve-se controlar o pH da água assim como efetuar outras análises;
- Caso não exista um tratamento automático do sistema, podem ocorrer flutuações na concentração destes elementos. Daí recomenda-se a monitorização analítica regular do cobre e da prata;
- A concentração do cobre e da prata devem ser mantidas para valores no 400 µg/l para o cobre e 40 µg/ para a prata;
- Se a água for macia, a concentração de prata (Ag) pode variar entre os 20 a 30 µg/, podendo ser efetiva.

Em águas com elevada dureza, pode ser difícil manter a concentração de prata, podendo a concentração elevada de sólidos em suspensão provocar a precipitação da prata.

É difícil manter a concentração de prata para valores de pH superiores a 7,6. Para redes que possuam uma proteção catódica com zinco (Zn) este anula a ação da prata.

2.6.1 Principais desvantagens

- A eficácia da atuação do cobre e da prata depende da capacidade incrustante da água, potenciando a formação de depósitos nos eléctrodos.
- Depende do pH da água, afetando a prata na água, e daí é recomendado um valor de pH inferior a 8.
- Elevadas concentrações de cobre e prata podem atribuir coloração à água e aos sanitários (cor acastanhada).
- É tóxico para os seres humanos, e os valores permitidos na água para consumo humano são exigentes (o Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, estabelece para o cobre o valor paramétrico de 2mg/L. Para a prata não foi estabelecido valor paramétrico).
- É necessário instalar dispositivos nas torneiras de modo a remover a prata e o cobre em excesso, sendo necessário uma vigilância apertada.
- A EPA (United States Environmental Protection Agency) recomenda valores na água de consumo humano de 1,3 mg/L para o cobre e 100 µg/L para a prata.

2.7 DESINFEÇÃO QUÍMICA/ RECURSO AO OZONO

O ozono é um oxidante extremamente ativo e eficaz para eliminar a *Legionella*. Neste processo recorre-se à instalação de ozonizadores que através da ação da corrente elétrica faz passar o O_2 a O_3.

O ozono inativa instantaneamente a bactéria *Legionella*, contudo tem um período de vida curto e decompõe-se de novo em oxigénio, sendo necessário usar um segundo desinfetante que deixe um valor residual na água para estabelecer uma barreira sanitária, em virtude do ozono não deixar qualquer residual na água.

Constata-se que só é eficaz no ponto de utilização, podendo ocorrer a recolonização da *Legionella* se existirem condições favoráveis.

A produção de ozono é obtida quando uma corrente alternada de alta voltagem é descarregada na presença de oxigênio. O maior exemplo é o que ocorre na Natureza, quando em dias de tempestade há grande produção de ozono na atmosfera devido às elevadas descargas elétricas provenientes dos relâmpagos. O gerador de ozono

basicamente reproduz, de forma controlada e eficaz, este fenômeno natural aliando alta tecnologia na área de materiais à eletrónica avançada.

Nos sistemas das redes prediais recomenda-se que no ponto de injeção se atinjam concentrações de ozono de 1 a 2 mg/L, causando uma redução da presença de *Legionella* de 5 Log.

A título comparativo apresentam-se na Tabela 2 os poderes oxidantes de alguns químicos.

Tabela 2. Potencial oxidante de alguns químicos

OXIDANTE	POTENCIAL OXIDANTE (V)
Radical hidroxilo	2,8
Ozono	2,07
Peróxido de hidrogênio	1,78
Permanganato de potássio	1,70
Hidrocloreto	1,49
Cloro	1,36
Dióxido de cloro	1,27
Oxigênio	1,23

2.7.1 Principais desvantagens

- Custo do equipamento.
- Só é eficaz no ponto de utilização, não deixando valor residual livre.
- É necessário recorrer ao uso de um outro biocida secundário para manter a barreira sanitária.

2.8 RECURSO A FILTROS TERMINAIS ELECTROESTÁTICOS NOS HOSPITAIS

Dentro dos hospitais e nos locais de maior risco como centros de transplantes e Unidades de Controlo de Infeção e de doentes imunodeprimidos (doentes crónicos – renais, respiratórios e cardíacos) a água à saída das torneiras e dos chuveiros não deve ter *Legionella* spp (0 ufc/L de água), principalmente nos locais onde se libertam aerossóis – recomendações da OMS.

Tabela 3. Recomendações do Ministério da Saúde Alemão (pacientes severamente imunocomprometidos)

HOSPITAIS	CONCENTRAÇÃO DE *LEGIONELLA SPP*	MEDIDA PROPOSTA	FREQUÊNCIA DE ANÁLISES
Áreas de risco	0		Trimestral
	≥ 1 ufc/100 ml	Colocação de filtros nos pontos terminais	Semestral

Neste sentido recomenda-se que nos pontos de utilização de maior risco os níveis de concentração de *Legionella spp* na água sejam inferiores aos detetados pelos métodos analíticos:

- Para se obter esta situação é necessário verificar se o sistema de tratamento garante o nível de 0 ufc/L de *Legionella spp*, ou seja avaliar a sua eficácia e em alternativa equacionar a colocação de filtros terminais nos pontos de uso com poros de diâmetro (Ø) 0,2µm de modo a garantir a ausência de *Legionella spp* e de outras bactérias e fungos como *Pseudomonas spp*, *Aspergillus spp,* etc;
- Os filtros devem ser colocados e substituídos e mantidos segundo os procedimentos estipulados pelo fabricante que permitam respeitar os objetivos de ausência de *Legionella spp*;
- Previamente à instalação dos filtros os pacientes de alto risco devem ser informados dos pontos de utilização de risco (torneiras e chuveiros);
- Todas as saídas de água nos pontos de utilização devem ser regularmente inspecionadas e mantidas com recurso a pessoas qualificadas, devendo-se equacionar a monitorização periódica do sistema de abastecimento de água ao hospital no que respeita à *Legionella spp*;
- No caso de surtos pode-se equacionar considerar os doentes de alto risco como acamados, obrigando a uma logística própria, enquanto não se instalam sistema de tratamento complementar da água;
- Pode-se também recorrer a outros tratamentos físicos que envolvam a temperatura ou mesmo ao uso de água esterilizado evitando-se grande parte das doenças nosocomiais;
- Nos locais do hospital onde estão localizados os doentes de alto risco deve-se equacionar um tratamento suplementar à água de abastecimento à unidade hospitalar, chegando-se em alguns casos a providenciar água esterilizada para os doentes beberem e para sua higiene pessoal.

Na Tabela 4 apresenta-se uma comparação das várias metodologias de desinfeção.

Tabela 4. Comparação das metodologias de desinfecção.

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Manter temperatura <20 °C	Simples, eficaz e fácil de monitorizar. Pouco significativo a nível do crescimento da *Legionella.*	Só aplicável aos sistemas de água para consumo humano.
Manter temperatura >50 °C	Simples, eficaz e fácil de monitorizar.	Não elimina a *Legionella*. Requer temperaturas de recirculação próximas dos 60ºC. Dificuldade em manter esta temperatura em todo o Requer proteção para evitar queimaduras.
Purgas periódicas com água quente a temperaturas de 50-60ºC (parte do processo de controlo acima)	Simples, eficaz e fácil de monitorizar.	Não aplicável aos sistemas de água fria. Requer proteção para evitar queimaduras. Deve ser mantido e inspecionado para garantir a consistência. Pode ocorrer recolonização após alguns dias.
Doseamento com hipoclorito de sódio	Técnica de desinfeção eficaz. Simples de utilizar. Relativamente barato.	Formação de trihalometanos. Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise. Tóxico para os peixes. Afeta o sabor e o odor. Não é estável, particularmente nos sistemas de água quente. Aumenta a corrosão do cobre.
Doseamento de monocloramina	Mais persistente que o cloro. Simples de utilizar nas linhas principais de distribuição. Penetração no biofilme.	Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise. Tóxico para os peixes. Afeta as borrachas. Não existem kits comerciais disponíveis para pequenos sistemas de água.
Doseamento de dióxido de cloro	Técnica de desinfeção eficaz. Simples de utilizar.	Formação de cloritos . Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise. Considerações de segurança (conforme o método de geração).
Doseamento de peróxido de hidrogénio	Simples de utilizar.	Desinfetante fraco. Suspeita de efeitos mutagénicos .
Ionização de cobre e prata	Eficaz quando são mantidas as concentrações prescritas.	Necessidade de monitorização frequente do cobre e da prata. Necessidade de pré-tratamento (pH, dureza). Aumento da concentração de cobre e prata na água.
Oxidação anódica	Técnica de desinfeção comprovada.	Necessidade de pré-tratamento (consoante o efeito do pH e da dureza). Desconhecido o efeito na *Legionella* no biofilme.
Desinfeção por UV (ultravioleta)	Técnica de desinfeção comprovada. Simples de utilizar.	Eficaz apenas no ponto de aplicação. Não deixa residual de biocida na água. Não recomendado para águas com turbidez. Não tem efeitos na formação do biofilme .
Ultrafiltração à entrada do edifício	Barreira física de desinfeção. Remoção da biomassa e das partículas.	Não inativa a *Legionella* a jusante após a filtração no sistema. Efeito desconhecido na formação de biofilmes e sedimentos.
Utilização de filtros terminais nas torneiras e chuveiros	Barreira física. Fácil de instalar (pode requerer modificação das torneiras). Pode ser usado em sistemas de água quente e fria. Bom para sistemas em que existam pacientes de alto risco .	Só é aplicável nos pontos de uso. Exigem uma substituição regular. Partículas na água podem reduzir o fluxo e a vida útil. Caros .

Tabela 5. Comparação das metodologias de desinfecção (cont.)

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Aquecimento de pasteurização com descargas.	Barreira de desinfeção. Útil como medida de curto-prazo. Fácil de aplicar nas instalações de água quente.	Efeito temporário na *Legionella*. Não limita a formação de biofilme. Risco de queimaduras .
Biocidas não-oxidantes	Técnica comprovada para sistemas de arrefecimento.	Não adequado para sistemas de água potável. A maior parte não é aplicável aos spas. Pode-se desenvolver bactérias resistentes. Necessidade de alternar 2 tipos de biocidas. Concentração frequentemente não pode ser monitorizada com facilidade . Difícil de neutralizar para efeitos de recolha de amostras.

Adaptado de WHO 2007 "*Legionella* and prevention of legionellosis"

3 VALORES DO PONTO DE VISTA DE OPERAÇÃO A SEREM CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO COMBATE À DOENÇA DOS LEGIONÁRIOS

É importante distinguir a situação de colonização dos sistemas de água por bactérias do género *Legionella*, da ocorrência de um caso de doença dos legionários.

A existência de uma análise positiva de *Legionella* na água não quer dizer que ocorra imediatamente a doença dos legionários, assim como uma análise negativa pode levar a uma falsa sensação de estabilidade e de segurança, não garantindo de todo que não possa estar presente no sistema.

Neste sentido a OMS não propõe um valor guia, porque não existe um valor a partir do qual o risco é mínimo ou a partir do qual o risco é máximo.

Sem dúvida quanto menor for o valor verificado menor será a probabilidade de ser infetado. Os valores referidos na bibliografia e que a seguir se apresentam têm como objetivo avaliar a eficácia das medidas tomada do ponto de vista de operação e manutenção dos sistemas.

- **REDE PREDIAL DE ÁGUA**
  - Nível de alerta > 1000 ufc/L *Legionella spp*.
  - Sistema sob controlo = 100 ufc/L, *Legionella spp*.

  Valores importantes para avaliar a eficácia das medidas de operação e manutenção dos sistemas.

- **TORRES DE ARREFECIMENTO**
    - Nível de alerta: 1000 a 10000 ufc/L de *Legionella spp*.
    - Nível de acção: 105 ufc/L de *Legionella spp*

- **EQUIPAMENTOS DE TERAPIA RESPIRATÓRIA**
    - 0 ufc/L de *Legionella spp.*

Nos locais de maior risco numa unidade hospitalar, como nas UCI – Unidades de Controlo de Infeção, Hematologia, Transplantados e Neonatal, o nível exigido deve ser 0 ufc/L de *Legionella spp*.

4 BIBLIOGRAFIA

1. Department of Human Services. "*Guidelines for Control of Legionnaire Disease*". Victoria Melbourne Australia.
2. Jan Van Wijngaarden, Carol Joseph, John Lee, Maddalena Castellani Pastoris and Vladimir Drasar. "*European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires` Disease*". September 2003.
3. Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond an Susanne Surman Lee. "*Legionella and prevention of legionellosis*". World Health Organization. 2007.
4. Real Decreto 909/2001, de 27 de Julio - Critérios higiénico – sanitarios para la prevencion y control de legionelosis.
5. Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se estabelecen los criterios higiénico – sanitarios para la prevencion y control de legionelosis.
6. Matthias Trautmann, MD, Simone Halden, MD, J Hoegel Phd, and Mathias Hallen, MD. "*Point of use water filtration reduce endemic Pseudomonas aeruginosa infection*". American Journal of Infection Control. Volume 36, number 6. August 2008.
7. Judy H. Angelbeck. "*Nosocomial Aspergillosis – The Risk at The Water tap ou Shower*". Pall Medical.
8. John Watkins, Carol Francis and Rachel Chalmers. " *Evaluation of The Pall – Aquasafe Water Filter for Removal of Cryptosporidium Oocysts from tap Water*". Centre for Research in to Environmental and Health. Leeds, UK.
9. United States Environmental Protection Agency (EPA). "*Legionella Human Health Criteria Document*". – EPA-822-R-99-001. November 1999. www.epa.gov.
10. Grundfos Alldos Dosing & Disinfection. "*Guidelines for combating Legionella with Oxiperm Pro chlorine dioxide systems*". www.grundfosalldos.com.
11. Pall Medical. "*Prevention Legionella infection using point of use medical water filtration*". www.pall.com.
12. AquaAmbiente. "*Tratamento das águas – Ultra Violeta*". 2004. www.aquaambiente.pt.